

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-236808

(43)Date of publication of application : 23.08.1994

(51)Int.Cl.

H01F 1/33

C01G 49/00

C22C 33/02

H01F 1/20

H01F 1/36

(21)Application number : 05-022393

(71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP

(22)Date of filing : 10.02.1993

(72)Inventor : INABA HIDEAKI

(54) COMPOSITE MAGNETIC MATERIAL AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To develop a composite magnetic material wherein its resistivity is large and its saturation magnetic flux density and its high-frequency characteristic are both excellent.

CONSTITUTION: An oxide magnetic material is featured by bonding, via a binder, a mixture of 65 to 98wt.% of an iron alloy powder of one kind or two kinds selected from Sendust whose particle size is at 200 μ m or smaller and which is provided with an oxide film in a thickness of 0.003 to 0.04 μ m on the surface and an Fe-Si-based alloy and 2 to 35wt.% of a highly compressive soft-magnetic metal powder at a particle size of 200 μ m or smaller or a mixture of 65 to 98wt.% of an iron alloy powder, 1 to 30wt.% of a highly compressive soft-magnetic metal powder and 1 to 15wt.% of a soft ferrite powder at an average particle size of 5 μ m or smaller. In its manufacturing method, an organic binder at 0.3 to 1.0wt.% and/or an inorganic binder at 0.2 to 1.5wt.% are added to, and mixed with, the above-mentioned mixture, this mixture is pressurized and molded under a pressure of 5 to 20t/cm², and the mixture is heat-treated at a temperature of 120 to 200° C in the case of only the organic binder and at a temperature of 600 to 800°C in a case where the inorganic binder is contained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-236808

(43)公開日 平成6年(1994)8月23日

| (51)Int.Cl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | FI | 技術表示箇所 |
|--------------------------|-----------------|--------|---------|--|
| H 0 1 F 1/33 | | | | |
| C 0 1 G 49/00 | | Z | | |
| C 2 2 C 33/02 | | N | | |
| H 0 1 F 1/20 | | | | |
| 1/36 | | | | |
| 審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全7頁) | | | | |
| (21)出願番号 | 特願平5-22393 | | (71)出願人 | 000001258 |
| (22)出願日 | 平成5年(1993)2月10日 | | | 川崎製鉄株式会社 兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号 |
| | | | (72)発明者 | 稲場 秀明 千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究本部内 |
| | | | (74)代理人 | 弁理士 小川 順三 (外1名) |

(54)【発明の名称】 複合磁性材料およびその製造方法

(57)【要約】

【目的】 比抵抗が大きく、飽和磁束密度および高周波特性の両方が共に優れる複合磁性材料を開発すること。

【構成】 粒径200 μm以下で、その表面に厚さ0.003～0.04 μmの酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉65～98wt%と、粒径200 μm以下の高圧縮性軟磁性金属粉2～35wt%との混合物、または上記鉄合金粉65～98wt%と、前記高圧縮性軟磁性金属粉1～30wt%および平均粒径5 μm以下のソフトフェライト粉1～15wt%との混合物を、バインダーを介して結合させてなることを特徴とする酸化物磁性材料であり、その製造方法は、上述した混合物に、0.3～1.0 wt%の有機質バインダーおよび/または0.2～1.5 wt%の無機質バインダーを添加混合し、次いで、5～20 t/cm²の圧力で加圧成形し、その後、有機質バインダーのみの場合には120～200℃の温度で、また無機質バインダーを含む場合には600～800℃の温度で熱処理することを特徴とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 粒径200 μm 以下で、その表面に厚さ0.003 μm ～0.04 μm の酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉65～98wt%と、粒径200 μm 以下の高圧縮性軟磁性金属粉2～35wt%との混合物を、バインダーを介して結合させてなることを特徴とする複合磁性材料。

【請求項2】 粒径200 μm 以下で、その表面に厚さ0.003 μm ～0.04 μm の酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉65～98wt%と、粒径200 μm 以下の高圧縮性軟磁性金属粉1～30wt%および平均粒径5 μm 以下のソフトフェライト粉1～15wt%との混合物を、バインダーを介して結合させてなることを特徴とする複合磁性材料。

【請求項3】 請求項1または2に記載の混合物に、0.3～1.0 wt%の有機質バインダーまたは0.2～1.5 wt%の無機質バインダーのいずれか少なくとも1種以上のバインダーを添加混合し、次いで、5～20 t/cm²の圧力で加圧成形し、その後、有機質バインダーのみの場合には120～200℃の温度で、また無機質バインダーのみ、あるいは、これと有機質バインダーとの混合バインダーの場合には、600～800℃の温度で熱処理することを特徴とする複合磁性材料の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、磁気ヘッドやスイッチング電源用トランスコア、平滑チョークなどの電子部品に好適に用いられる複合磁性材料およびその製造方法に関し、特に、鉄合金粉と軟磁性粉ならびにソフトフェライト粉との混合物をバインダーを介して結合させてなる複合圧粉磁心材料とそれの製法についての提案である。

【0002】

【従来の技術】磁気ヘッドやスイッチング電源用トランスコア、平滑チョークなどの電子部品は近年、小型化・高性能化の傾向にあり、それに伴って、これらの部品に用いられる素材についても材料の高性能化が求められるようになってきた。このような材料としては、従来、センダストやけい素鋼(Si-4～7%Fe)などの鉄合金系の金属磁性材料、またはソフトフェライトなどの酸化物磁性材料のいずれかが使用されていた。このような材料のなかで、上記金属磁性材料は、その粉末の硬度が大きいために成形時の圧縮性が悪く、その結果、得られる成形体の密度が低く、磁気特性が悪いという欠点があった。

【0003】これに対し従来、この金属磁性材料を高圧縮性粉末と複合化することによって、高密度複合磁性材料とする技術が提案されている(特開昭63-176446号公報参照)。この従来高密度複合磁性材料は、センダストやけい素鋼などの鉄合金粉と高圧縮性粉末との密着性が良く、成形体密度の向上が期待できた。

【0004】しかしながら、この金属磁性材料は、鉄合

金粉と高圧縮性粉末との密着性が良い分だけ複合材料の比抵抗が小さく、その結果、渦電流損が大きくなって磁気特性が劣化するという問題点を抱えていた。

【0005】一般に、上記金属磁性材料は、飽和磁束密度は高いが高周波特性が悪いという欠点があり、一方、上記酸化物磁性材料は、上記金属磁性材料に比べると高い周波数領域で優れた磁気特性を示すが、飽和磁束密度が低いという欠点があった。

【0006】したがって、金属磁性材料と酸化物磁性材料とを複合化することにより、各々の特性を他の特性を犠牲にすることなく満足する材料を開発することができ、そうすれば、上述のような部品の小型化・高性能化に対して大きく貢献しうるものとなり、その応用範囲は極めて広くなり有望である。

【0007】これに対し従来、このような複合化に対して、種々の提案がなされている。例えば、

①特開昭56-38402号公報では、湿式フェライト製造法を用いて、金属磁性粉末(パーマロイなど)を酸化物磁性材料(フェライトなど)で被覆し、その後、熱処理、成形、焼結、HIP処理する方法が提案されている。

②特開昭58-164753号公報では、酸化物磁性材料(フェライトなど)とFe-Ni粉とを複合化した複合磁性材料が提案されている。

③特公昭62-38411号公報では、金属磁性粉末(鉄合金粉など)と酸化物磁性材料(フェライト粉など)との混合物に、B₂O₃を1～10%添加し、600～800℃の温度で焼成する、サーメット型フェライトの製造方法が提案されている。

【0008】しかしながら、上記各従来技術について

は、なお以下に示すような問題があった。すなわち、

①特開昭56-38402号公報に開示の技術では、金属磁性粉末の表面にフェライトを被覆しても、成形後の密度が十分でないために、1100～1280℃で焼結することが必須とされていた。このため、金属磁性粉末の表面にフェライトを被覆しても、界面で金属とフェライトとが反応してしまい、磁気特性が劣化するという問題があった。しかも、この方法では、湿式フェライト法で金属磁性粉末の表面にフェライトを被覆し、さらにHIP処理をするので、製造コストが高く経済性の点でも問題があった。

【0009】②特開昭58-164753号公報に開示の技術では、金属磁性粉末の表面状態が何ら改善されず活性状態にあるために、熱処理工程(950℃)で、金属とフェライトとが反応してしまい磁気特性が劣化すること、さらには高圧縮性粉末を用いていないために成形後の密度が低いことなどの問題があった。

【0010】③特公昭62-38411号公報に開示の技術では、金属磁性粉末の表面状態が何ら改善されず活性状態にあるために、熱処理工程(600～800℃)で、金属とフェライトとが反応してしまい磁気特性が劣化すること、結合剤(B₂O₃)の結合が十分でないこと、金属部分

の渦電流による磁気特性の劣化を防止できないこと、さらには高圧縮性粉末を用いていないために成形後の密度が低いことなどの問題があった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術が抱える上述したそれぞれの問題を克服し、比抵抗が大きく、飽和磁束密度および高周波特性の両方が共に優れる複合磁性材料を開発することにより、磁気ヘッドやスイッチング電源用トランスコア、平滑チョークとして好適に用いられる、磁気特性に優れた材料を提供しようとするところにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を実現すべく鋭意研究した結果、発明者は、表面酸化した金属磁性材料を高圧縮性粉末ならびにソフトフェライトと複合化することにより、金属磁性材料が示す高い飽和磁束密度をそのまま具えており、一方で、欠点である金属部分に生じる渦電流による磁気特性の劣化を効果的に防止することができる磁性材料の複合化技術を確立し、以下に述べる要旨構成の本発明に想到した。

【0013】すなわち、本発明は、粒径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下で、その表面に厚さ $0.003\text{ }\mu\text{m}\sim 0.04\text{ }\mu\text{m}$ の酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉 $65\sim 98\text{wt}\%$ と、粒径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下の高圧縮性軟磁性金属粉 $2\sim 35\text{wt}\%$ との混合物を、バインダーを介して結合させてなることを特徴とする複合磁性材料であり（第1発明）、また本発明は、粒径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下で、その表面に厚さ $0.003\text{ }\mu\text{m}\sim 0.04\text{ }\mu\text{m}$ の酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉 $65\sim 98\text{wt}\%$ と、粒径 $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下の高圧縮性軟磁性金属粉 $1\sim 30\text{wt}\%$ および平均粒径 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以下のソフトフェライト粉 $1\sim 15\text{wt}\%$ との混合物を、バインダーを介して結合させてなることを特徴とする複合磁性材料である（第2発明）。そして、本発明の製造方法は、上記鉄合金粉と上記高圧縮性軟磁性金属粉ならびに上記ソフトフェライト粉との混合物に、 $0.3\sim 1.0\text{ wt}\%$ の有機質バインダーまたは $0.2\sim 1.5\text{ wt}\%$ の無機質バインダーのいずれか少なくとも1種以上のバインダーを添加混合し、次いで、 $5\sim 20\text{ t/cm}^2$ の圧力で加圧成形し、その後、有機質バインダーのみの場合には $120\sim 200\text{ }^\circ\text{C}$ の温度で、また無機質バインダーのみ、あるいは、これと有機質バインダーとの混合バインダーの場合には、 $600\sim 800\text{ }^\circ\text{C}$ の温度で熱処理することを特徴とする（第3発明）。

【0014】

【作用】本発明の複合磁性材料の特徴は、表面酸化した鉄合金粉を用い、この鉄合金粉と高圧縮性軟磁性金属粉ならびにソフトフェライト粉とを有機質および/または無機質のバインダーを使って固着結合させてなる点の構成にある。このような構成にすることによって、比抵抗

が大きく、飽和磁束密度および高周波特性がともに優れた複合磁性材料を容易かつ確実に得ることができる。

【0015】さて、本発明にかかる複合磁性材料の作製に用いられる鉄合金粉は、インゴットの粉碎やアトマイズ法などにより作成された、粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粉末を用いる。ここで、鉄合金粉の粒径を $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下に限定した理由は、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 超では金属粉部分の渦電流損失が大きくなりすぎるためである。なかでも、ガスアトマイズ法または水アトマイズ法により得られる粉末を用いることが望ましい。この理由は、アトマイズ法によって得られる粉末は、①ほぼ球形に近い形状であり、高圧縮性軟磁性金属粉との複合化において高密度体となりやすいこと、②粉碎による機械的歪みがないために高温での熱処理を必要としないからである。

【0016】このような鉄合金粉としては、軟磁気特性が優れたセンダスト（Fe-Si-Al合金、Si： $4\sim 13\text{wt}\%$ 、Al： $4\sim 7\text{wt}\%$ 、残部Fe）またはFe-Si合金（Si： $3\sim 7\text{wt}\%$ 、残部Fe）が好適に用いられる。この理由は、透磁率などの磁気特性がこの組成範囲で優れているからである。

【0017】上記鉄合金粉は、粒子間の絶縁性を保つために、表面酸化させた粉末を用いる。このアトマイズ鉄合金粉表面の酸化皮膜（絶縁膜）の厚さは、 $0.003\text{ }\mu\text{m}\sim 0.04\text{ }\mu\text{m}$ とする。この厚みを限定する理由は、この酸化皮膜の厚さが $0.04\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、非磁性の部分が多くなり鉄合金粉の磁気特性が劣化するからである。一方、酸化皮膜の厚さが $0.003\text{ }\mu\text{m}$ 未満では絶縁効果がなく、鉄合金粉末表面の比抵抗が小さくなって渦電流損により鉄系合金粉の磁気特性が劣化するからである。

【0018】このような酸化皮膜を有する鉄合金粉末の配合量は、複合磁性材料に対し、内枠量で $65\sim 98\text{wt}\%$ とする。この理由は、鉄合金粉末が $98\text{wt}\%$ 超では、鉄合金粉末の割合が多すぎるために、比較的粒子の大きい鉄合金粉に起因した空隙を高圧縮性軟磁性金属粉またはソフトフェライト粉で埋めることができず、結果として良好な絶縁効果が得られにくく、かつ密度の向上もあまり期待できないからである。一方、鉄合金粉末が $65\text{wt}\%$ 未満では、複合磁性材料中に占める鉄合金粉の割合が少なくなり磁気特性が劣化するからである。

【0019】次に、本発明にかかる複合磁性材料の作製に用いられる高圧縮性軟磁性金属粉は、成形時の圧縮性を考慮してなるべく柔らかい金属を用いることが好適であり、例えば、純鉄粉やFe-3%Si粉を用いる。

【0020】この高圧縮性軟磁性金属粉は、平均粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下のものを用いる。この理由は、高圧縮性軟磁性金属粉の平均粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ を超えると、渦電流損が大きくなり過ぎて磁気特性が劣化するからである。

【0021】この高圧縮性軟磁性金属粉の配合量は、複合磁性材料に対し、内枠量で1または $2\sim 35\text{wt}\%$ とする。この理由は、高圧縮性軟磁性金属粉が1または2wt

%未満では、圧縮性を改善する効果が乏しく、一方、高圧縮性軟磁性金属粉が35wt%を超えると、複合磁性材料中に占める鉄合金粉の割合が少なくなり磁気特性が劣化するからである。

【0022】次に、上述した第1発明に係る鉄合金粉末-高圧縮性軟磁性粉の2種系圧粉体のうず電流損をさらに減少するためには、さらに高抵抗のソフトフェライトを複合化することが必要となる。

【0023】ここで、このような本発明に係る鉄合金粉末-高圧縮性軟磁性粉-ソフトフェライト粉の3種系圧粉体からなる複合磁性材料の作製に用いられるソフトフェライト粉としては、平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下のものを用いる。この理由は、ソフトフェライト粉の平均粒径が $5\mu\text{m}$ を超えると、金属粉の分散効果が十分ではなく、そのために絶縁効果が悪くなると共に密度の向上があまり期待できないからである。すなわち、このようなソフトフェライト粉が、比較的粒子の大きい($200\mu\text{m}$ 以下)鉄合金粉に起因した空隙中に侵入することにより、密度が向上し、連続的な磁路が形成され、磁気特性が向上するのである。この点、鉄合金粉のみからなる従来の磁性材料の場合は、大きい粒径($200\mu\text{m}$ 以下)に起因した空隙が生ずるために密度が上がらず、かつ連続的な磁路も形成されにくく、それ故に磁気特性が向上しないのである。

【0024】このソフトフェライト粉の配合量は、複合磁性材料に対し、内枠量で1~15wt%とする。この理由は、ソフトフェライト粉が1wt%未満では、ソフトフェライト粉の割合が少なすぎるために鉄合金粉の空隙を埋めることができず、結果として良好な絶縁効果が得られにくく、かつ密度の向上もあまり期待できないからである。一方、ソフトフェライト粉が15wt%を超えると、複合磁性粉末中に占める細かい粉の割合が多くなり、その結果、成形時に割れを生じやすく密度の向上も期待できないからである。

【0025】次に、本発明複合磁性材料の製造方法について説明する。まず、粒径 $200\mu\text{m}$ 以下で、その表面に厚さ $0.003\mu\text{m}$ ~ $0.04\mu\text{m}$ の酸化皮膜を有するセンダストおよびFe-Si系合金のうちから選ばれた1種又は2種の鉄合金粉65~98wt%と、粒径 $200\mu\text{m}$ 以下の高圧縮性軟磁性金属粉2~35wt%ならびに平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下であるソフトフェライト粉とを混合する。次に、この混合物に、エポキシ樹脂などの有機質バインダー0.3~1.0wt%および/または水ガラスなどの無機質バインダー0.2~1.5wt%と、ステアリン酸亜鉛などの潤滑剤0.2~0.7wt%とを添加し、その後、 $5\sim 20\text{t}/\text{cm}^2$ の圧力で加圧成形し所定の成形体を得る。

【0026】ここで、有機質バインダー、無機質バインダーおよび潤滑剤の添加量を制限した理由は、成形体の保形力および機械的強度、熱処理後の製品における粒子間の絶縁効果、ならびに潤滑力の効果が、前記各下限値

未満だと現われてこないことからである。一方、有機質バインダー、無機質バインダーおよび潤滑剤の添加量の上限値は、この値を超えると磁気特性の劣化が起こる臨界点を示している。なお、加圧成形の圧力範囲を $5\sim 20\text{t}/\text{cm}^2$ に限定した理由は、 $5\text{t}/\text{cm}^2$ 未満だと成形体密度が低くなりすぎ、 $20\text{t}/\text{cm}^2$ を超えると金型の劣化が激しくなるからである。

【0027】次に、上述のようにして得られた成形体は、有機質バインダーのみの場合には $120\sim 200^\circ\text{C}$ の温度で、また無機質バインダーを含む場合には $600\sim 800^\circ\text{C}$ の温度で熱処理することにより、鉄合金粉とソフトフェライト粉とを固着結合させ、複合磁性材料を得る。有機質バインダーを用いる場合に、熱処理の温度を $120\sim 200^\circ\text{C}$ にする理由は、この温度範囲では、合金粒子間または合金-フェライト間に起こる反応を無視できるくらいに小さくすることができ、その結果、機械的強度と粒子間の絶縁を十分に保つことができるからである。

【0028】一方、無機質バインダーのみ、あるいは、これと有機質バインダーとの混合バインダーの場合には、 600°C 未満だと界面の反応が十分に行われず、 800°C を超えると不要の反応まで起こってしまい磁気特性が劣化するので、熱処理の温度を $600\sim 800^\circ\text{C}$ にする。この温度範囲内のものとするすることにより、合金粒子間または合金-フェライト間の結合はより強固に行われ、かつ余分な反応を最小限にすることができ、透磁率等の磁気特性をさらに向上させることができる。

【0029】以上説明したように本発明によれば、金属磁性材料が示す高い飽和磁束密度をそのまま具えており、一方で、欠点である金属部分に生じる渦電流による磁気特性の劣化を効果的に防止することができる。

【0030】

【実施例】以下に本発明の実施例を比較例と対比して示す。

(1) 表1、2に示すような条件で、Si:9.5wt%, Al:5.5wt%, 残部Feからなる「センダスト粉」、またはSi:6.5wt%を含むFe-Si系合金粉を、水アトマイズ法ならびにガスアトマイズ法により作成した。この水アトマイズ法ならびにガスアトマイズ法により得られた、種々の粒径を有する粉末の一部をメッシュで篩って、 $200\mu\text{m}$ 以下および $200\mu\text{m}$ 超の粉末とに分離した。

(2) 上記(1)で得られた各種粉末の一部を、表1、2に示すような種々の温度、時間、雰囲気で酸化し表面酸化合金粉とした。それぞれの酸化皮膜の厚さは、表面層にアルミナまたはシリカが存在しているとして、重量増などから計算により算出した。

(3) 高圧縮性軟磁性粉としては、水アトマイズ法ならびにガスアトマイズ法により得た純鉄粉またはFe-3%Si粉を篩って所定の粒径としたものを用いた。

(4) 一方、MnZnフェライト焼結体 (ZnO 13.5mol%, Fe₂O₃ 53.0mol%, Mn33.5mol%, CaO 0.15wt%, SiO₂

0.015wt%を含む) または、NiZnフェライトを粉砕して平均粒径の異なるフェライト粉を作製した。

(5) このようにして得られた合金粉あるいは表面酸化合金粉と高圧縮性軟磁性粉ならびにフェライト粉とを種々の割合で混合し、混合粉末を作成した。

(6) 次に、これらの混合粉末に、所定量のエポキシ樹脂および潤滑剤であるステアリン酸亜鉛0.3 wt%を添加し、その後、種々の圧力で加圧成形してから 120℃の温度で10分間熱処理することにより、複合磁性材料を作製した。一方、ある種の混合粉末については、有機質バインダー (エポキシ樹脂) に加えてさらに無機質バインダー (水ガラス) を添加し、加圧成形した後 600~800℃

の温度で熱処理することにより複合磁性材料を作製した。

【0031】上記各実施例ならびに比較例についての磁気特性などの測定結果を表3に示す。表3に示す結果から明らかなように、本発明適合例に示された磁気特性の改善効果は明白であり、かつ目標特性を満たしていることを確認した。なお、一般的には、要求される磁気特性の目標特性値は、透磁率：80以上、品質係数：60以上、飽和磁束密度：0.65T以上であり、本発明例は全てこのような目標値を超えるものであった。

【0032】

【表1】

| | 鉄系合金粉 | | | 高圧縮性軟磁性金属粉 | | | フェライト粉 | | エポキシ樹脂添加量 (wt%) | 水ガラス添加量 (wt%) | 成形圧力 (t/cm ²) | 熱処理温度 (℃) |
|----|-------|-------|--------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------------|---------------|---------------------------|-----------|
| | #1 種類 | #2 粒径 | 表面酸化皮厚さ (μm) | 混合量 (wt%) | 種類 | #3 粒径 | 平均粒径 (μm) | 混合量 (wt%) | | | | |
| 1 | A | 1 | 0.015 μm | 90 | 純鉄 | ① | — | — | 0.5 | — | 15 | 120 |
| 2 | " | " | " | 98 | " | " | — | — | 0.3 | — | " | " |
| 3 | " | " | " | 65 | " | " | — | — | 0.6 | — | 20 | " |
| 4 | C | " | " | 85 | " | ② | — | — | " | — | " | 130 |
| 5 | " | " | " | " | " | " | 2 | 5 | " | — | 5 | " |
| 6 | B | " | 0.01 μm | " | " | " | " | " | " | — | " | " |
| 7 | " | " | 0.003 μm | " | " | " | — | — | " | — | 15 | " |
| 8 | " | " | 0.04 μm | " | " | " | — | — | " | — | " | " |
| 9 | " | " | 0.02 μm | " | " | " | 5 | 5 | " | — | " | " |
| 10 | " | " | " | " | " | " | 2 | 1 | " | — | " | " |
| 11 | " | " | " | " | " | " | " | 14 | " | — | " | " |
| 12 | " | " | " | 98 | " | " | " | 1 | " | — | " | " |
| 13 | " | " | " | 65 | " | " | " | 10 | " | — | " | " |
| 14 | A | □ | " | 85 | Fe-Si3% | ③ | — | — | 0.5 | — | " | " |
| 15 | " | " | " | " | 純鉄 | " | — | — | — | 0.5 | " | 600 |
| 16 | " | " | " | " | Fe-Si1.5% | " | — | — | — | — | " | 800 |
| 17 | " | " | " | " | 純鉄 | " | — | — | 0.5 | — | " | 700 |
| 18 | " | " | " | " | " | " | 2 | 5 | " | " | " | 700 |

*1: A...セリウム系合金粉 (Si9.5%, Al5.5%, 純鉄Fe)
B...セリウム系合金粉 (Si10%, Al5%, 純鉄Fe)
C...Fe-Si (Si6.5%, 純鉄Fe)

*2: I... 200 μm未満 100 %
II... 100 μm未満 100 %
III... 100 μm未満 100 %

*3: ①... 100 μm以下 100 %
②... 200 μm以下 100 %
③... 44 μm未満 100 %

*4: a...NiZnフェライト
b...NiZnフェライト

なお、下線部は本発明の範囲を逸脱する条件を示す。

【0033】

(6)

特開平6-236808

10

【表2】

| | 鉄系合金粉 | | | | 高圧磁性軟磁性金属粉 | | | | フェライト粉 | | | エポキシ樹脂添加量 (wt%) | 水ガラス添加量 (wt%) | 成形圧力 (t/cm ²) | 熱処理温度 (℃) |
|-----|----------|----------|----------|-----------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----|-----------------|---------------|---------------------------|-----------|
| | *1 種類 | *2 粒径 | 表面酸化皮膜厚さ | 混合量 (wt%) | 種類 | *3 粒径 | 混合量 (wt%) | *4 種類 | 平均粒径 (μm) | 混合量 (wt%) | | | | | |
| 比較例 | 1 | A | 0.015 μm | 99 | 純鉄 | ① | 1 | — | — | — | 0.5 | — | — | 15 | 130 |
| | 2 | " | " | 60 | " | " | 40 | — | — | — | " | — | — | " | " |
| | 3 | " | " | 98.5 | " | " | 0.75 | a | 2 | 0.75 | " | — | — | " | " |
| | 4 | " | 0 μm | 85 | " | " | 15 | — | — | — | " | — | — | " | " |
| | 5 | " | 0.015 μm | " | " | " | " | — | — | — | " | — | — | " | " |
| | 6 | " | " | " | " | ④ | " | — | — | — | " | — | — | " | " |
| | 7 | " | " | " | " | ① | 10 | a | 6 | 5 | " | — | — | " | " |
| | 8 | " | " | " | " | " | 15 | — | — | — | 1.2 | — | — | " | " |
| | 9 | " | 0.002 μm | " | " | " | " | — | — | — | 0.5 | 0.9 | — | " | 700 |
| | 10 | " | " | " | " | " | " | — | — | — | " | 0.5 | — | " | 550 |
| | 11 | " | " | " | " | " | " | — | — | — | " | " | " | " | 850 |
| | 12 | " | " | " | " | " | " | — | — | — | " | — | — | 4 | 120 |
| | 13 | " | " | " | " | " | " | — | — | — | " | — | — | 22 | " |

*1: A---センドラスト (Si9.5%, Al5.5%, 残部Fe)
 *2: I... 200 μm以下 100 %
 II... 200 μm超 40 %
 III... 200 μm超 30 %
 *3: ①... 100 μm以下 100 %
 ④... 200 μm超 30 %
 *4: a---MnZnフェライト

なお、下線部は本発明の範囲を逸脱する条件を示す。

【0034】

【表3】

11

12

| | | 密 度 (g/cm ³) | 比抵抗 (Ω · cm) | 10kHz での 透磁率 μ | 500kHz での 品質係数 Q | 飽和磁束 密度 B _s (T) | 備 考 |
|----------------------------|----|-----------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------|
| 本 発 明 適 合 例 | 1 | 5.92 | 0.58 | 96 | 69 | 0.79 | 特になし |
| | 2 | 5.85 | 1.03 | 91 | 76 | 0.74 | “ |
| | 3 | 5.99 | 0.03 | 107 | 62 | 0.81 | “ |
| | 4 | 5.91 | 0.55 | 99 | 70 | 0.78 | “ |
| | 5 | 5.78 | 6.3 | 86 | 103 | 0.68 | “ |
| | 6 | 5.79 | 3.2 | 90 | 68 | 0.69 | “ |
| | 7 | 5.90 | 0.12 | 103 | 62 | 0.80 | “ |
| | 8 | 5.71 | 5.2 | 89 | 105 | 0.71 | “ |
| | 9 | 5.69 | 6.9 | 88 | 99 | 0.67 | “ |
| | 10 | 5.81 | 8.3 | 88 | 78 | 0.74 | “ |
| | 11 | 5.61 | 5.9 | 81 | 111 | 0.66 | “ |
| | 12 | 5.68 | 2.9 | 91 | 64 | 0.71 | “ |
| | 13 | 5.68 | 31.0 | 86 | 109 | 0.67 | “ |
| | 14 | 5.73 | 0.65 | 86 | 85 | 0.73 | “ |
| | 15 | 5.71 | 7.9 | 81 | 83 | 0.67 | “ |
| | 16 | 5.82 | 0.35 | 88 | 71 | 0.68 | “ |
| | 17 | 5.73 | 1.3 | 111 | 106 | 0.83 | “ |
| | 18 | 5.70 | 6.4 | 89 | 120 | 0.80 | “ |
| 比 較 例 | 1 | 5.80 | 0.31 | 101 | 58 | 0.78 | 特になし |
| | 2 | 5.91 | 0.08 | 111 | 55 | 0.80 | “ |
| | 3 | 5.75 | 0.14 | 89 | 58 | 0.76 | “ |
| | 4 | 5.83 | 0.21 | 106 | 57 | 0.80 | “ |
| | 5 | 5.86 | 0.05 | 110 | 55 | 0.81 | “ |
| | 6 | 5.88 | 0.03 | 111 | 53 | 0.82 | “ |
| | 7 | 5.70 | 2.4 | 79 | 82 | 0.66 | “ |
| | 8 | 5.73 | 5.1 | 78 | 66 | 0.64 | “ |
| | 9 | 5.75 | 4.8 | 77 | 65 | 0.65 | “ |
| | 10 | 5.74 | 1.2 | 79 | 73 | 0.71 | “ |
| | 11 | 5.79 | 3.2 | 78 | 62 | 0.69 | “ |
| | 12 | 5.69 | 11.0 | 78 | 83 | 0.64 | 機械的に脆い |
| | 13 | 5.98 | 3.8 | 115 | 95 | 0.83 | 特性は良いが、金型寿命が短い |

*磁気特性の目標特性値： $\mu \geq 80$, $Q \geq 60$, $B_s \geq 0.65\text{T}$
 なお、下線部は目標値を満足しないものである。

【0035】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、比抵抗が大きく、飽和磁束密度および高周波特性が共に優れた複合磁性材料を、容易かつ確実に得ることができ

る。これにより、本発明の複合磁性材料を、磁気ヘッドやスイッチング電源用トランスコア、平滑チョークなどに用いた場合に得られる部品の特性は、著しく向上する。